

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-304232

(43)Date of publication of application : 18.10.2002

(51)Int.CI.

G06F 1/04

G06F 1/32

G06F 9/30

G06F 9/46

(21)Application number : 2001-104560

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 03.04.2001

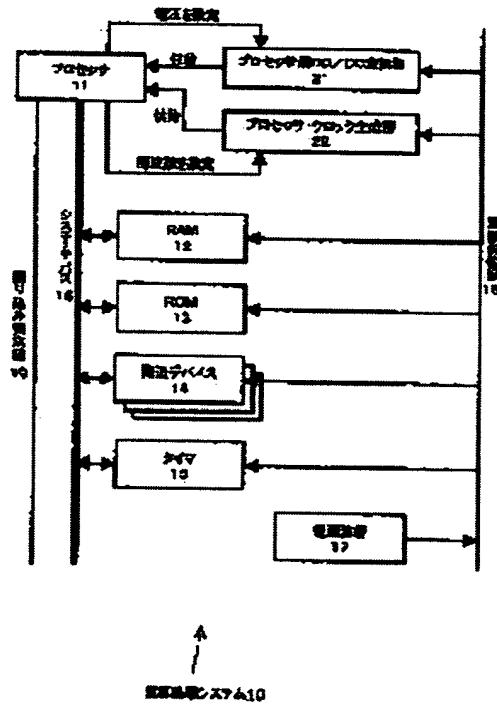
(72)Inventor : TOGAWA ATSUSHI

(54) OPERATION PROCESSING SYSTEM, OPERATION PROCESSING CONTROL METHOD, AND RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To perform the processing with a request for the response time imposed thereon with less power consumption.

SOLUTION: A system has a hardware mechanism for changing the operating frequency and the power supply voltage given to a processor while the system is in operation. A power manager sets the operating frequency and the power supply voltage necessary and sufficient for processing other loads in a waiting state (a state for waiting for the key input and the input-output of a mouse click). The power consumption of the processor is reduced by changing the operating frequency and the power supply voltage according to the elapsed time after leaving the waiting state.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-304232

(P2002-304232A)

(43)公開日 平成14年10月18日 (2002.10.18)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコード*(参考)
G 06 F 1/04	3 0 1	G 06 F 1/04	3 0 1 C 5 B 0 1 1
1/32		9/30	3 3 0 B 5 B 0 3 3
9/30	3 3 0	9/46	3 4 0 B 5 B 0 7 9
9/46	3 4 0		3 4 0 E 5 B 0 9 8
		1/00	3 3 2 Z

審査請求 未請求 請求項の数15 OL (全 16 頁)

(21)出願番号	特願2001-104560(P2001-104560)	(71)出願人	000002185 ソニー株式会社 東京都品川区北品川6丁目7番35号
(22)出願日	平成13年4月3日 (2001.4.3)	(72)発明者	戸川 敦之 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ ー株式会社内
		(74)代理人	100101801 弁理士 山田 英治 (外2名)

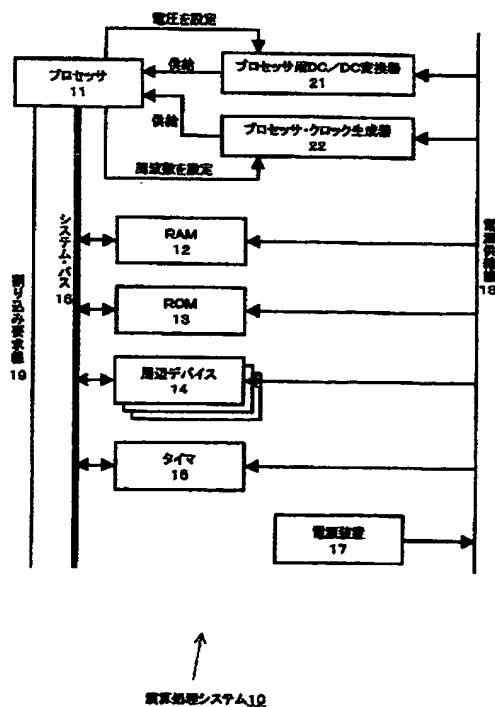
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 演算処理システム及び演算処理制御方法、並びに記憶媒体

(57)【要約】

【課題】 応答時間に対する要求が課せられた処理を、より低い消費電力で実行する。

【解決手段】 システムは、プロセッサに与える動作周波数と電源電圧をシステム稼動中に変化させるハードウェア機構を備える。電力マネージャは、待ち状態(キー入力やマウスのクリックなどの入出力を待機する状態)にあるときは、他の負荷を処理するのに必要充分な動作周波数と電源電圧を設定する。待ち状態から脱してから経過時間に応じて、動作周波数と電源電圧を変化させていくことで、プロセッサの消費電力を削減する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】応答時間に対する要求が課せられた処理タスクを実行可能なプロセッサを含んだ演算処理システムであって、

前記プロセッサの稼動中の各時点において、該応答時間に対する要求を満たすために充分な前記プロセッサの動作周波数を決定する動作周波数決定手段と、

前記動作周波数決定手段による決定結果に基づく動作周波数クロックを生成して前記プロセッサに供給するプロセッサ・クロック生成手段と、を具備することを特徴とする演算処理システム。

【請求項2】前記動作周波数決定手段により決定された動作周波数で前記プロセッサを駆動させるために充分な前記プロセッサの電源電圧を決定する電源電圧決定手段と、

前記電源電圧決定手段による決定結果に基づく電源電圧を生成して前記プロセッサに供給するプロセッサ電源供給手段と、をさらに備えることを特徴とする請求項1に記載の演算処理システム。

【請求項3】前記動作周波数決定手段は、処理タスクが待ち状態を脱してからの経過時間に応じて前記プロセッサの動作周波数を決定する、ことを特徴とする請求項1に記載の演算処理システム。

【請求項4】前記動作周波数決定手段は、処理タスクが待ち状態を脱してから所定時間が経過したことに応じて前記プロセッサの動作周波数を段階的に増大させる、ことを特徴とする請求項1に記載の演算処理システム。

【請求項5】前記動作周波数決定手段は、処理タスクが待ち状態を脱してから所定時間が経過するまでの期間に前記プロセッサの動作周波数を連続的に増大させる、ことを特徴とする請求項1に記載の演算処理システム。

【請求項6】前記プロセッサは、応答時間に対する要求が課せられた処理タスクを含んだ1以上のタスクを並行して実行することが可能であり、

前記動作周波数決定手段は、応答時間に対する要求が課せられた処理タスクが待ち状態にあるときは、前記プロセッサに課された他のタスクを処理するのに充分な前記プロセッサの動作周波数を決定する、ことを特徴とする請求項1に記載の演算処理システム。

【請求項7】応答時間に対する要求が課せられた処理タスクを実行可能なプロセッサによる演算処理を制御する演算処理制御方法であって、

前記プロセッサの稼動中の各時点において、該応答時間に対する要求を満たすために充分な前記プロセッサの動作周波数を決定する動作周波数決定手段と、前記動作周波数決定手段による決定結果に基づく動作周波数クロックを生成して前記プロセッサに供給するプロセッサ・クロック生成手段と、を具備することを特徴とする演算処理制御方法。

【請求項8】前記動作周波数決定手段により決定さ

れた動作周波数で前記プロセッサを駆動させるために充分な前記プロセッサの電源電圧を決定する電源電圧決定手段と、

前記電源電圧決定手段による決定結果に基づく電源電圧を生成して前記プロセッサに供給するプロセッサ電源供給手段と、をさらに備えることを特徴とする請求項7に記載の演算処理制御方法。

【請求項9】前記動作周波数決定手段では、処理タスクが待ち状態を脱してからの経過時間に応じて前記プロセッサの動作周波数を決定する、ことを特徴とする請求項7に記載の演算処理制御方法。

【請求項10】前記動作周波数決定手段では、処理タスクが待ち状態を脱してから所定時間が経過したことに応じて前記プロセッサの動作周波数を段階的に増大させる、ことを特徴とする請求項7に記載の演算処理制御方法。

【請求項11】前記動作周波数決定手段では、処理タスクが待ち状態を脱してから所定時間が経過するまでの期間に前記プロセッサの動作周波数を連続的に増大させる、ことを特徴とする請求項7に記載の演算処理制御方法。

【請求項12】前記プロセッサは、応答時間に対する要求が課せられた処理タスクを含んだ1以上のタスクを並行して実行することが可能であり、

前記動作周波数決定手段では、応答時間に対する要求が課せられた処理タスクが待ち状態にあるときは、前記プロセッサに課された他のタスクを処理するのに充分な前記プロセッサの動作周波数を決定する、ことを特徴とする請求項7に記載の演算処理制御方法。

【請求項13】応答時間に対する要求が課せられた処理タスクを実行可能なプロセッサによる演算処理の制御をコンピュータ・システム上で実行するように記述されたコンピュータ・ソフトウェアをコンピュータ可読形式で物理的に格納した記憶媒体であって、前記コンピュータ・ソフトウェアは、

前記プロセッサの稼動中の各時点において、該応答時間に対する要求を満たすために充分な前記プロセッサの動作周波数を決定する動作周波数決定手段と、

前記動作周波数決定手段による決定結果に基づく動作周波数クロックを生成して前記プロセッサに供給するプロセッサ・クロック生成手段と、を具備することを特徴とする記憶媒体。

【請求項14】前記動作周波数決定手段では、処理タスクが待ち状態を脱してから所定時間が経過するまでの間に前記プロセッサの動作周波数を連続的に増大させる、ことを特徴とする請求項13に記載の記憶媒体。

【請求項15】前記プロセッサは、応答時間に対する要求が課せられた処理タスクを含んだ1以上のタスクを並行して実行することが可能であり、

前記動作周波数決定手段では、応答時間に対する要

求が課せられた処理タスクが待ち状態にあるときは、前記プロセッサに課された他のタスクを処理するのに充分な前記プロセッサの動作周波数を決定する、ことを特徴とする請求項13に記載の記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、1以上のタスクを同時に実行するタイプのプロセッサに関する電力削減技術に係り、特に、応答時間に対する要求が課されたタスクを含んだ1以上のタスクを実行するプロセッサに関する電力削減技術に関する。

【0002】更に詳しくは、本発明は、動作周波数と電源電圧を変化させる機構を備えたプロセッサに関する電力削減技術に係り、GUI(Graphical User Interface)処理のように、あらかじめ実行開始時間や処理時間が予測することができないタスクを実行時の動作周波数と電源電圧を最適に設定することにより低消費電力化を図るプロセッサに関する電力削減技術に関する。

【0003】

【従来の技術】昨今のLSI(Large Scale Integration)技術における革新的な進歩とも相俟って、各種の情報処理機器や情報通信機器が開発され、市販されるようになってきた。この種の機器では、CPU(Central Processing Unit)やその他のプロセッサが所定のプログラム・コードを実行することによりさまざまな処理サービスを提供するようになっている。

【0004】他方において、情報機器に関する消費電力の削減が産業界における最重要課題の1つとされている。これは、バッテリ駆動式の情報機器においてはバッテリ持続時間の延長に関わる問題だからである。また、商用電源で無尽蔵に駆動することができる情報機器においても、資源有限という社会生態学的な観点から省電力化が推奨されている。

【0005】情報機器内では、そのメイン・コントローラであるプロセッサの消費電力は、機器全体のそれに占める割合は高い。言い換れば、プロセッサの省電力化は情報機器自体の省電力化にもつながる。一般には、プロセッサは、動作周波数の増大に従って演算速度が向上する一方で、その消費電力(さらには発熱量)が増大する傾向にある。

【0006】例えば、特開平11-194849号公報には、消費電力を無用に増加させることなく所定の処理時間に所定の処理動作を完了することができ、タスクの処理容量が変化する場合でも設定作業が簡単となるデータ処理方法及び装置について開示している。

【0007】同公報に開示されたデータ処理装置では、マイクロコンピュータが各種の処理動作を実行する場合の処理容量と処理時間を容量記憶手段と時間記憶手段とに登録しておき、マイクロコンピュータが各種の処理動作を実行する場合に対応する処理容量及び処理時間を選

10

20

30

40

50

出し、処理容量を処理時間で除算してマイクロコンピュータの処理速度を算出して基準クロックの周波数を可変としている。マイクロコンピュータの処理速度を処理容量と処理時間に対応して可変するので、所定の処理動作を所定の処理時間に確実に完了することができるとともに、基準クロックの周波数を最適値に設定できるので、データ処理装置における消費電力の無用な増加も防止することができる。

【0008】しかしながら、同公報に開示されるデータ処理方法及び装置では、プロセッサの動作クロック周波数を変更するだけで消費電力の削減を図るものである。言い換れば、動作クロック周波数の削減によって、単位時間当たりの消費電力は低下するものの、各処理を完了させるための所要時間が長くなり、この結果、総電力量を削減する効果はあまり高くなない。すなわち、プロセッサがアイドリング状態にあるときの消費電力量の範囲を越えず、効果として不充分である。

【0009】また、同公報に開示されるデータ処理方法及び装置は、各処理の処理タイミングがあらかじめ定まっており、且つ、各処理を中断することなく順次処理することによってすべての処理を時間内に完了させることができることを前提とするものである。このため、ある処理の実行を中断して、より緊急度が高い処理(例えばリアルタイム処理)を行わせる必要があるシステムに対しては適用することができない。

【0010】また、特開2000-122747号公報には、デジタル信号演算処理部にクロックを供給するクロック発生部を設けて、このクロック発生部からデジタル信号演算処理部へ供給するクロック周波数を、デジタル信号演算処理部での演算処理量に基づいて制御することによって消費電力を低減する制御装置及び方法について開示されている。

【0011】しかしながら、同公報に開示される制御装置及び方法では、演算部の動作クロック周波数を変更するだけで消費電力の削減を図るものである。言い換れば、動作クロック周波数の削減によって、単位時間あたりの消費電力は低下するものの、各処理を完了させるための所要時間が長くなり、この結果、電力量の削減効果は、演算部がアイドリング状態にあるときの消費電力量の範囲を越えず、効果として不充分である。

【0012】また、同公報に開示される制御装置及び方法では、アイドリング時間が占める割合から動作周波数を算出するようになっている。ところが、アイドリング時間が占める割合は時々刻々と変化するので、その変化を予測することは極めて困難である。

【0013】また、Takanori Okuma, Tohru Ishihara, Hiroto Yasuura共著の論文"Real-Time Task Scheduling for a Variable Voltage Processor" (IEEE 12th International Symposium on System Synthesis, November 1999)において提案されるSS及びSDなるスケュー

リング手法では、システムの稼動前に、タスクの実行開始時間が判っていることを前提としている。このため、GUI (Graphical User Interface) 処理のように、あらかじめ実行開始時間や処理時間が予測することができない処理に対して適用することができないという問題がある。

【0014】また、この論文で提案されているDDスケジューリング手法は、GUI処理のように明確なデッドラインを持たない処理に対しては適用することができないという問題がある。

【0015】また、Yann-Hang Lee, C. M. Krishna共著の論文"Voltage-Clock Scaling for Low Energy Consumption in Real-time Embedded Systems" (IEEE Sixth International Conference on Real-Time Computing Systems and Applications, December 1999)において提案されている'Task based static scheduling'なる手法は、システムの稼動前にタスクの実行時間があらかじめ判っていることを前提としている。このため、GUI処理のように、あらかじめ実行時間や処理時間が予測できない処理に対して適用することができないという問題がある。

【0016】また、本出願人に既に譲渡されている、特願2000-287882号明細書並びに特願2000-287883号明細書には、動作周波数と電源電圧が可変なタイプのプロセッサを含んだ演算処理システムにおけるタスク実行の省電力スケジューリングについて提案されている。

【0017】このうち、特願2000-287882号明細書には、アプリケーションのリアルタイム要求に応えつつプロセッサによる電力消費を削減することができる省電力スケジューリング手法について開示されている。すなわち、プロセッサの動作周波数と電源電圧をオペレーティング・システムの制御により変化させることができないシステムにおいて、起動された周期リアルタイム・タスク並びに非リアルタイム・タスクを遅滞なく処理するために必要なプロセッサの動作周波数を適応的に変化させるとともに、時々刻々と切り替わる動作周波数に応じて最適なプロセッサ用電源電圧を決定していくことで、プロセッサの消費電力を低減を実現する。

【0018】また、特願2000-287883号明細書には、アプリケーションのリアルタイム要求に応えつつプロセッサによる電力消費を削減することができるマルチプロセッサ構成システムについて開示されている。すなわち、動作周波数と電源電圧をオペレーティング・システムの制御により動的に変化させることができるプロセッサを複数備えたマルチプロセッサ構成システムにおいて、各プロセッサ毎に、起動された各タスクを遅滞なく処理するために必要な動作周波数を適応的に変化させるとともに、時々刻々と切り替わる動作周波数に応じて最適な電源電圧を決定していくことで、各プロセッサ

並びにシステム全体の消費電力の低減を実現する。

【0019】しかしながら、特願2000-287882号並びに特願2000-287883号はいずれも、起動間隔と最大所要時間があらかじめ分っているリアルタイム・タスクを対象とするものであり、GUI処理のように、あらかじめ実行開始時間や処理時間が予測することができないタスクを実行中に、省電力スケジューリングを行うものではない。

【0020】一般には、プロセッサは、動作周波数の増大に従って演算速度が向上する一方で、消費電力（さらには発熱量）が増大する傾向にある（前述）。また、プロセッサの動作周波数とともにその電源電圧（言い換えれば消費電力）を上昇させていかなければならぬ。

（但し、実際には、LSI製造プロセスの微細化によって電源電圧の上限が制限されているので、電圧を上げることによって周波数を上げることは行われない。）

【0021】プロセッサの動作周波数と電源電圧を動的制御により変化させることができないシステムであれば、起動された各タスクを遅滞なく処理するために必要な動作周波数を適応的に変化させるとともに、時々刻々と切り替わる動作周波数に応じて最適な電源電圧を決定していくことで、プロセッサの消費電力を低減することができると思料される。

【0022】しかしながら、GUI処理のように、あらかじめ実行開始時間や処理時間が予測することができないタスクを実行中に、動作周波数と電源電圧の設定によりプロセッサの低消費電力化を実現した従来技術は見当たらない。

【0023】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、応答時間に対する要求が課されたタスクを含んだ1以上のタスクを実行するプロセッサに関する優れた電力削減技術を提供することにある。

【0024】本発明の更なる目的は、動作周波数と電源電圧を変化させる機構を備えたプロセッサに関する優れた電力削減技術を提供することにある。

【0025】本発明の更なる目的は、GUI (Graphical User Interface) 処理のように、あらかじめ実行開始時間や処理時間が予測することができないタスクを実行時の動作周波数と電源電圧を最適に設定することにより低消費電力化を実現することができる、プロセッサに関する優れた電力削減技術を提供することにある。

【0026】

【課題を解決するための手段及び作用】本発明は、上記課題を参照してなされたものであり、その第1の側面は、応答時間に対する要求が課せられた処理タスクを実行可能なプロセッサを含んだ演算処理システム又は演算処理制御方法であって、前記プロセッサの稼動中の各時点において、該応答時間に対する要求を満たすために充分な前記プロセッサの動作周波数を決定する動作周波数

決定手段又はステップと、前記動作周波数決定手段又はステップによる決定結果に基づく動作周波数クロックを生成して前記プロセッサに供給するプロセッサ・クロック生成手段又はステップと、を具備することを特徴とする演算処理システム又は演算処理制御方法である。

【0027】但し、ここで言う「システム」とは、複数の装置（又は特定の機能を実現する機能モジュール）が論理的に集合した物のことを言い、各装置や機能モジュールが単一の筐体内にあるか否かは特に問わない。

【0028】前記動作周波数決定手段は、応答時間に対する要求が課せられた処理タスクが待ち状態にあるときは、前記プロセッサに課された他のタスクを処理するのに充分な前記プロセッサの動作周波数を決定するようになる。また、処理タスクが待ち状態を脱してから所定時間が経過したことに応じて前記プロセッサの動作周波数を段階的に増大させるようになる。

【0029】したがって、本発明の第1の側面に係る演算処理システム又は演算処理制御方法によれば、処理タスクが待ち状態を脱したときを利用して、ユーザが感じる反応時間を増大させることなく（すなわち、ユーザの使用感に悪影響を与えることなく）、タスク実行によってプロセッサが消費する電力を好適に削減することができる。

【0030】例えば、GUIアプリケーションの応答時間は0.1秒程度で充分である。もし、これよりも早く応答したとしても、ユーザのシステム使用感はほとんど向上しない（体感されない）。通常であれば0.1秒以下で実行できる処理を実行するときには、0.1秒程度の比較的遅い応答速度で実行されるようにプロセッサの動作周波数を制御することによって、ユーザの使用感に悪影響を及ぼすことなく、システムの消費電力を削減することができる。

【0031】同様に、ディスク装置からのデータ読み出し要求実行時においても、ディスク装置側からの完了イベントの通知を受けてからの経過時間に応じて、プロセッサの動作周波数を徐々に回復させることによって、ユーザの使用感に悪影響を与えないようにしながら、システムの消費電力を削減することができる。

【0032】また、ネットワーク・コネクションを介してデータ読み出しを依頼する場合においても、リモート装置側からの完了イベントの通知を受けてからの経過時間に応じて、プロセッサの動作周波数を徐々に回復させることによって、ユーザの使用感に悪影響を与えないようにしながら、システムの消費電力を削減することができる。

【0033】本発明の第1の側面に係る演算処理システム又は演算処理方法は、前記動作周波数決定手段により決定された動作周波数で前記プロセッサを駆動させるために充分な前記プロセッサの電源電圧を決定する電源電圧決定手段又はステップと、前記電源電圧決定手段又は

ステップによる決定結果に基づく電源電圧を生成して前記プロセッサに供給するプロセッサ電源供給手段又はステップとをさらに備えていてもよい。

【0034】一般に、プロセッサの動作周波数を増大させるためには供給電源の電圧を吊り上げる必要がある。プロセッサにおいて起動された各タスクを遅滞なく処理するために必要な動作周波数を適応的に変化させるとともに、時々刻々と切り替わる動作周波数に応じて最適な電源電圧を決定していくことで、プロセッサの消費電力を効果的に低減することが可能となる。

【0035】また、前記動作周波数決定手段又はステップは、処理タスクが待ち状態を脱してから所定時間が経過したことに応じて前記プロセッサの動作周波数を段階的に増大させるようにしてよい。

【0036】あるいは、前記動作周波数決定手段又はステップは、処理タスクが待ち状態を脱してから所定時間が経過するまでの期間に前記プロセッサの動作周波数を連続的に増大させるようにしてよい。

【0037】また、本発明の第2の側面は、応答時間に対する要求が課せられた処理タスクを実行可能なプロセッサによる演算処理の制御をコンピュータ・システム上で実行するように記述されたコンピュータ・ソフトウェアをコンピュータ可読形式で物理的に格納した記憶媒体であって、前記コンピュータ・ソフトウェアは、前記プロセッサの稼動中の各時点において、該応答時間に対する要求を満たすために充分な前記プロセッサの動作周波数を決定する動作周波数決定ステップと、前記動作周波数決定ステップによる決定結果に基づく動作周波数クロックを生成して前記プロセッサに供給するプロセッサ・クロック生成ステップと、を具備することを特徴とする記憶媒体である。

【0038】本発明の第2の側面に係る記憶媒体は、例えば、様々なプログラム・コードを実行可能な汎用コンピュータ・システムに対して、コンピュータ・ソフトウェアをコンピュータ可読な形式で提供する媒体である。このような媒体は、例えば、CD (Compact Disc) やFD (Floppy Disk)、MO (Magneto-Optical disc) などの着脱自在で可搬性の記憶媒体である。あるいは、ネットワーク（ネットワークは無線、有線の区別を問わない）などの伝送媒体などを経由してコンピュータ・ソフトウェアを特定のコンピュータ・システムに提供することも技術的に可能である。

【0039】このような記憶媒体は、コンピュータ・システム上で所定のコンピュータ・ソフトウェアの機能を実現するための、コンピュータ・ソフトウェアと記憶媒体との構造上又は機能上の協働的関係を定義したものである。換言すれば、本発明の第2の側面に係る記憶媒体を介して所定のコンピュータ・ソフトウェアをコンピュータ・システムにインストールすることによって、コンピュータ・システム上では協働的作用が発揮され、本発

明の第1の側面に係る演算処理システム及び演算処理制御方法と同様の作用効果を得ることができる。

【0040】本発明のさらに他の目的、特徴や利点は、後述する本発明の実施例や添付する図面に基づくより詳細な説明によって明らかになるであろう。

【0041】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明の実施例を詳解する。

【0042】1. システム構成

図1には、本発明の実施に供される演算処理システム10のハードウェア構成を模式的に示している。同図に示すように、演算処理システム10は、プロセッサ11と、RAM(Random Access Memory)12と、ROM(Read Only Memory)13と、周辺デバイス14と、タイマ15とを含んでいる。

【0043】プロセッサ11は、演算処理システム10のメイン・コントローラであり、オペレーティング・システム(OS)の制御下で、各種のプログラム・コードを実行するようになっている。

【0044】オペレーティング・システムがプログラム実行を管理・制御する単位は、一般に「タスク」と呼ばれる。本実施例に係るプロセッサ11は、異なる周期で動作する複数のタスクを同時に実行するマルチタスク機構を備えているものとする。タスクには、次の周期の開始までに実行を完了させる必要がある「周期リアルタイム・タスク」と、このような実行完了時間に制約がない「非リアルタイム・タスク」とに大別することができる。非リアルタイム・タスクには、応答時間に対する要求が課せられたタスク、若しくは、GUI(Graphical User Interface)処理のように、待ち状態を含んだり、実行開始時間や処理時間が予測できない処理が含まれる。

【0045】プロセッサ11は、バス16によって他の機器類(後述)と相互接続されている。バス16上の各機器にはそれぞれ固有のメモリ・アドレス又はI/Oアドレスが付与されており、プロセッサ11はこれらアドレスを指定することによって所定の機器へのアクセスが可能となっている。バス16は、アドレス・バス、データ・バス、コントロール・バスを含む共通信号伝送路である。

【0046】RAM12は、書き込み可能なメモリであり、プロセッサ11において実行されるプログラム・コードをロードしたり、実行プログラムの作業データを一時格納するために使用される。プログラム・コードには、例えば、BIOS(Basic Input/Output System: 基本入出力システム)、周辺機器をハードウェア操作するためのデバイス・ドライバ、オペレーティング・システム、アプリケーションなどが挙げられる。

【0047】ROM13は、所定のコードやデータを恒久的に記憶するための不揮発メモリであり、例えば、B

10

10

IOSや始動時の自己診断プログラム(Power On Self Test: POST)などを格納している。

【0048】周辺デバイス14には、ディスプレイやプリンタのようなユーザ出力装置、キーボードやマウスのようなユーザ出力装置、ハード・ディスクやその他のメディア・ドライブからなる外部記憶装置、ネットワーク・インターフェース・カード(NIC)のような通信装置が含まれる。

【0049】各周辺デバイスには、割り込みレベルが割り当てられており、所定のイベント発生(例えばキーボード入力やマウス・クリックなどのGUI処理や、ハード・ディスクにおけるデータ転送の完了など)に応答して、割り込み要求信号線19を介してプロセッサ11に通知することができる。プロセッサ11は、このような割り込み要求に応答して、対応する割り込みハンドラを実行する。この種の割り込み処理は、待ち状態を含んだり、実行開始時間や処理時間が予測できない処理である。

20

【0050】タイマ15は、タイマ信号を所定周期で発生させる装置である。タイマ15にも割り込みレベルが割り当てられており、割り込み要求信号線19を介してプロセッサ11に対して周期的な割り込みを発生するようになっている。(但し、周期の異なる複数の周期リアルタイム・タスクが存在する場合、タイマ信号は周期的な割り込みにはならない。)

30

【0051】上述したようなシステム10の各コンポーネントには、電源装置17からの電力が電源供給線18を介して供給される。電源装置17は、例えばバッテリや商用AC電源で構成されるが、AC/DCアダプタやDC/DCコンバータによって一定の電源電圧を供給することができる。

40

【0052】図示の例では、プロセッサ11に対しては、専用のDC/DC変換器21が配設されている。本実施形態では、プロセッサ11は、オペレーティング・システムの制御下で、プロセッサ用DC/DC変換器21からの供給電圧を設定する機構を備えている。

【0053】また、プロセッサ11は、プロセッサ・クロック生成器22が発生する動作クロックを入力して、その動作周波数に同期的に駆動する。一般には、動作周波数の増大とともに、プロセッサ11のパフォーマンスすなわち処理速度は向上するとともに、その消費電力も増大する。本実施例では、プロセッサ11は、オペレーティング・システムの制御下で、プロセッサ・クロック生成器22が生成するクロックの動作周波数を設定する機構を備えている。

【0054】なお、プロセッサ11に対する電源電圧と動作周波数の双方をプロセッサ用DC/DC変換器21とプロセッサ・クロック生成器22の各々によって動的に制御する必要は必ずしもなく、いずれか一方の動作によっても本発明の効果を実現することができる。言い換

50

えれば、オペレーティング・システムは、プロセッサ11の電源電圧と動作周波数の双方を動的制御するのではなく、いずれか一方のみを制御する場合であっても、後述する本発明の動作特性並びに効果を実現することができる。また、電源電圧と動作周波数のいずれか一方のみを演算処理により設定し、他方はその設定に自動的に追従するように構成してもよい（例えば、プロセッサ11の周波数をオペレーティング・システムが設定することによって、その周波数で動作するために必要な最小の電源電圧が自動的にプロセッサ11に供給されるように構成してもよい）。

【0055】プロセッサ11は、一般に、CMOS（Complementary Metal Oxide semiconductor：相補性金属酸化膜半導体）論理素子で構成される。CMOS論理素子には、その遅延時間が電源電圧によって変化するという特性がある。これは、プロセッサ11の動作周波数を下げることによって、より低い電源電圧で回路を駆動することが可能であることを意味する。また、電源電圧を高めることによって、より高い動作周波数でプロセッサ11を動作させることができることも意味する。

【0056】ところで、CMOS論理素子が消費する電力は、単位時間当りのスイッチング回数（これはプロセッサ11の動作周波数にほぼ比例する）に比例する。しかし、プロセッサ11の処理能力はクロック周波数にほぼ比例するため、単純に動作周波数を下げただけでは、ある所定の計算を行うために必要な電力は削減できない（何故ならば、単位時間当りの消費電力を削減することはできるが、その分だけ計算に要する時間が増大するため、結局、計算を完了させるまでに消費する電力量は変わることになる）。

【0057】他方、動作周波数が下がることによって、プロセッサ11が正常に動作可能な最低電源電圧は低下する。さらに、プロセッサ11の消費電力は電源電圧の2乗にほぼ比例する。したがって、プロセッサ11のクロック周波数を低下させるとともに電源電圧を低下させることによって、ある計算に要する消費電力量を削減することができる。

【0058】本実施形態では、プロセッサ11の動作クロック周波数と電源電圧は、プロセッサ11が実行する電力マネージャ（後述）によって、システムに課せられた性能要求を満たす範囲で、可能な限り低くなるように制御される。電力マネージャは、例えば、オペレーティング・システムの一部の機能として実装することができる。

【0059】電力マネージャは、プロセッサ11への動作クロック周波数と電源電圧のうちいずれか一方だけを設定して、他方はその設定に自動的に追従するように構成してもよい。例えば、電力マネージャがプロセッサ11の動作周波数だけを設定することによって、その周波数で動作するために必要な最小の電源電圧が自動的に供

給されるように構成してもよい。

【0060】2. アプリケーション

本発明は、応答時間の対する要求が課された処理、あるいは、待ち状態を含んだり、実行開始時間や処理時間が予測できない処理を実行中のプロセッサ11の消費電力を低減するように、その動作周波数や電源電圧の設定を行うものである。以下では、応答時間の対する要求が課された処理の例として、キーボードやマウスからのユーザ入力に応答して動作するGUIアプリケーションをとり上げて説明する。

【0061】GUIアプリケーションの多くは、以下に挙げるようなさまざまなイベントに逐次反応することによって処理を進めるように実装されている。すなわち、【0062】（1）ユーザが、キーボード内のあるキーを押下操作したとき、あるいは押下していたキーを解放した。

（2）マウス・ボタンが押された、又は解放された。

（3）マウス・ポインタが、ウィンドウ中のある領域内に突入した、あるいはその領域から退出した。

【0063】図2には、GUIフレームワーク、並びにGUIアプリケーションの構成を模式的に示している。

【0064】GUIフレームワークは、キーボードやマウス、ディスプレイなどのようにGUI入出を行なう周辺デバイスを制御する。これら周辺デバイス上で、「キー入力された」、「マウス操作された」、「ディスプレイ表示が更新された」などのイベントが発生すると、GUIフレームワークは、そのイベント・オブジェクトをイベント・キューに送信する。

【0065】一方、GUIアプリケーションは、起動後、アプリケーションの初期設定を行った後、イベント・キューにイベント・オブジェクトが到着するまで待機する。すなわち、GUIフレームワークのイベント・キューに対してイベント待ち手続の呼出しを行う。

【0066】アプリケーションが処理すべきイベント・オブジェクトがイベント・キューに到着すると、次いで、イベントの種類を特定して、各イベントに対応した処理を実行する。

【0067】イベントの処理においては、必要に応じて、GUIフレームワーク内の描画部に対して表示の更新を依頼することができる。描画部は、この依頼に応答して、ディスプレイ上の該当ウィンドウの描画処理を行う。

【0068】図2において、GUIフレームワークがイベント到着によってGUIアプリケーションへ制御を移行させてから、GUIアプリケーションがイベント・キューにイベント・オブジェクトが到着するまで待つ処理の実行を開始するまでの時間が、GUIアプリケーションの応答時間に相当する。

【0069】多くのアプリケーションにおいて、GUIアプリケーションの応答時間は0.1秒程度で充分であ

る。もし、これよりも早く応答したとしても、ユーザのシステム使用感はほとんど向上しない（体感されない）。さらに、既に述べたように、プロセッサ11の動作周波数を低下させることによって、同一の処理をより低い電力消費量で実行することができる。

【0070】そこで、本実施形態においては、通常であれば0.1秒以下で実行できる処理を実行するときは、0.1秒程度の比較的遅い応答速度で実行されるようにプロセッサ11の動作周波数と電源電圧を制御するようにした。このような制御を行うことによって、ユーザの使用感に悪影響を及ぼすことなく、システム10の消費電力を削減することができる、という点を充分理解されたい。

【0071】例えば、システム10内でただ1つのタスクが動作しており、且つ、それがGUI処理タスクだった場合、イベントが発生してから一定の時間は、プロセッサ11を低い動作周波数で動作させるが、その後（所定時間経過後）、高い動作周波数で制御するようにして、イベント発生に伴う待ち状態からの再開時においてユーザの使用感に悪影響を及ぼすことなく、プロセッサ11の消費電力を削減することができる。

【0072】図3には、GUI処理タスク実行中において、イベント発生時におけるプロセッサ11の動作周波数の制御タイミング例を示している。同図に示す例では、プロセッサ11は、フル稼働するために必要な高レベル要求値と、比較的遅い応答速度を満たすために最低限必要な低レベル要求値という、2段階の動作周波数で駆動することができるものとする。

【0073】まず、GUIアプリケーションがユーザからのGUI入力を求めるイベント待ち状態に変位すると、プロセッサ11の動作周波数を停止して、最大限に低消費電力化を図る。

【0074】次いで、ユーザによるGUI入力が行われ、イベントがGUIアプリケーションに到着すると、待ち状態から脱して、一定期間（要求レベル変更時間）は、比較的応答速度が遅い動作でもユーザの使用感に悪影響を与えない。そこで、プロセッサ11に対して低レベル要求値の動作周波数を供給して、低消費電力化を図る。

【0075】そして、要求レベル変更時間が経過すると、応答速度が遅いままではユーザの使用感に悪影響を及ぼし始めるので、プロセッサ11に対して高レベル要求値の動作周波数を供給して、最速の応答速度に戻す。

【0076】プロセッサの動作周波数を低下させた場合、従来のシステムで長い応答時間を要していた処理は、さらに応答時間が長くなるという問題が生じる。これに対し、本実施形態では、要求レベル変更時間を例えば0.1秒程度に設定することにより、応答の遅れは約0.1秒以下になる。0.1秒の性能劣化は、ユーザの使用感にほとんど悪影響を与えないものと問題とはなら

ない。

【0077】図3に示す例では、システム10がイベント待ち状態を脱出してからただ一度だけプロセッサ11の動作周波数を変化させている。しかしながら、各処理の計算時間が広くばらついているような場合には、動作周波数が一段階の変化しかしなければ、満足の行く省電力制御を実現できないことも考えられる。このような場合のために、GUIアプリケーションへのイベント到着からの経過時間に応じて多段階でプロセッサ11の動作周波数を変化させることも有効であると思料される。

【0078】図4には、GUI処理タスク実行中において、イベント到着からの経過時間に応じて多段階でプロセッサ11の動作周波数を変化させる場合の制御タイミング例を示している。同図に示す例では、プロセッサ11は、動作周波数が低い方から順に、要求値レベル1、要求値レベル2、要求値レベル3という3段階の動作周波数で駆動することができるものとする。

【0079】まず、GUIアプリケーションがユーザからのGUI入力を求めるイベント待ち状態に変位すると、プロセッサ11の動作周波数を停止して、最大限に低消費電力化を図る。

【0080】次いで、ユーザによるGUI入力が行われ、イベントがGUIアプリケーションに到着すると、待ち状態から脱して、最初の要求レベル変更時間までの期間は、要求値レベル1に相当する動作周波数をプロセッサ11に供給して、応答速度が最も遅い状態で動作させる。

【0081】次いで、最初の要求レベル変更時間が経過すると、要求値レベル2に相当する動作周波数をプロセッサ11に供給して、応答速度を少し高める。

【0082】さらに、2回目の要求レベル変更時間が経過すると、要求値レベル3に相当する動作周波数をプロセッサ11に供給して、最速の応答速度に戻す。

【0083】図3及び図4に示す例では、システム10がイベント待ち状態を脱出してからプロセッサ11の動作周波数を段階的に変化させているが、イベント到着から所定時間が経過するまでに動作周波数を最大に戻すまでの期間に動作周波数を変化させる様様はこれらに限定されるものではない。例えば、イベント到着から所定時間が経過するまでの間に、動作周波数を変化させる段階を無限に増やし、連続的に変化させることも有効である。

【0084】図5には、GUI処理タスク実行中において、イベント到着からの経過時間に応じてプロセッサ11の動作周波数を連続的に変化させる場合の制御タイミング例を示している。同図に示す例では、プロセッサ11は、動作周波数を連続的に変化させて駆動することができるものとする。

【0085】まず、GUIアプリケーションがユーザからのGUI入力を求めるイベント待ち状態に変位する

と、プロセッサ11の動作周波数を停止して、最大限に低消費電力化を図る。

【0086】次いで、ユーザによるGUI入力が行われ、イベントがGUIアプリケーションに到着すると、待ち状態から脱して、最初の要求レベル変更時間までの期間は、プロセッサ11の動作周波数を要求レベル1まで連続的に変化させる。

【0087】次いで、最初の要求レベル変更時間から2回目の要求レベル変更時間までの期間中は、プロセッサ11の動作周波数を要求レベル1から要求レベル2まで連続的に変化させる。 10

【0088】そして、2回目の要求レベル変更器官を経過した後は、所定時間内に、プロセッサ11の動作周波数を要求レベル2から要求レベル3まで、連続的に変化させて、最速の応答速度に戻す。

【0089】3. 他の実施形態

これまで、GUIアプリケーション実行時を例にとって、プロセッサ11の省電力制御について説明してきたが、本発明の要旨は、GUIアプリケーションへの適用に限定されるものではなく、一般に、応答時間に対する要求があり、且つ、あるイベントに反応して処理を行うアプリケーション全般に対して適用することができる。

【0090】本発明の他の実施形態として、ハード・ディスクなどのディスク装置（あるいはその他のタイプの外部記憶装置）からのデータ到着待ち状態における適用例を挙げることができる。

【0091】プロセッサ11がディスク装置から要求データが到着するまで待ち状態に陥り、その後、転送データを基に画面表示を行う処理を繰り返すアプリケーションを実行する場合を例にとって、図6を参照しながら説明する。

【0092】この場合、アプリケーション・プログラムは、オペレーティング・システム（又は、OS内のファイル・マネージャ）に対して、ディスク装置からのデータ読み出しを依頼する。

【0093】オペレーティング・システム（又はファイル・マネージャ）は、該当するディスク装置に対してデータ読み出し命令を発行する。オペレーティング・システムとディスク装置の間には所定のディスク・ドライバ（図示しない）などのソフトウェアが介在していてよい。

【0094】このデータ読み出し要求を発行した後、プロセッサ11はイベント待ち状態に陥り、動作周波数を停止させる。

【0095】その後、ディスク装置が要求されたデータの読み出しを完了すると、オペレーティング・システムに対して完了イベントを通知する。オペレーティング・システムは、さらに要求元アプリケーションに対して完了イベントを通知する。

【0096】この完了イベントは、GUIアプリケーシ 50

ョンへの適用例における「イベント到着」に相当する。したがって、この完了イベントの通知を受けてからの経過時間に応じて、例えば図3～図5に示したような形式で、プロセッサ11の動作周波数を徐々に回復させることができる。この結果、ユーザの使用感に悪影響を与えないようにしながら、システム10の消費電力を削減することができる。

【0097】アプリケーション・プログラムは、オペレーティング・システムを経由して受け取った読み出しだデータを基に、ディスプレイに読み出し結果を表示することができる。この際、GUIフレームワーク（前述）が介在してもよい。

【0098】また、本発明の他の実施形態として、ネットワーク・コネクションを介してデータ入出力を行うアプリケーションに対する適用例を挙げることができる。

【0099】プロセッサ11がネットワーク・コネクションを介して要求データが到着するまで待ち状態に陥り、その後、転送データを基に画面表示を行う処理を繰り返すアプリケーションを実行する場合を例にとって、図7を参照しながら説明する。

【0100】この場合、アプリケーション・プログラムは、オペレーティング・システム（又は、通信プロトコル・ソフトウェア）に対して、ネットワーク・コネクションを介した（リモート・ディスクからの）データ読み出しを依頼する。

【0101】オペレーティング・システム（又は通信プロトコル・ソフトウェア）は、該当するリモート・ディスクに対してデータ読み出し命令を発行する。

【0102】このデータ読み出し要求を発行した後、プロセッサ11はイベント待ち状態に陥り、動作周波数を停止させる。

【0103】その後、リモート・ディスクが要求されたデータの読み出しを完了すると、オペレーティング・システムに対して完了イベントを通知する。オペレーティング・システムは、さらに要求元アプリケーションに対して完了イベントを通知する。

【0104】この完了イベントは、GUIアプリケーションへの適用例における「イベント到着」に相当する。したがって、この完了イベントの通知を受けてからの経過時間に応じて、例えば図3～図5に示したような形式で、プロセッサ11の動作周波数を徐々に回復させることができる。この結果、ユーザの使用感に悪影響を与えないようにしながら、システム10の消費電力を削減することができる。

【0105】アプリケーション・プログラムは、オペレーティング・システムを経由して受け取った読み出しだデータを基に、ディスプレイに読み出し結果を表示することができる。この際、GUIフレームワーク（前述）が介在してもよい。また、アプリケーションは、ネットワーク経由で、データ読み出し先に結果を送信する。

【0106】4. ソフトウェア構成

図3～図5に示したようなプロセッサ11の動作周波数制御による電力管理は、例えば、オペレーティング・システムの1つの機能として実装することができる。以下では、オペレーティング・システム内の当該機能モジュールのことを、「電力マネージャ」と呼ぶことにする。

【0107】図8には、図3に示したように、イベント到着以後1段階でプロセッサ11の動作周波数を回復させる場合の電力マネージャのソフトウェア構成を模式的に示している。

【0108】図8に示すように、電力マネージャは、各タスク毎に1つずつ、フレームワーク部とタイマを用意する。各タスクは、以下の3種類の変数を保持している。これらの変数の持つ意味は、図3を参照しながら既に説明した通りである。

【0109】(1) 低レベル要求値(値域は[0, 1.0])

(2) 高レベル要求値(値域は[0, 1.0])

(3) 要求レベル変更時間

【0110】図8に示す例では、フレームワーク部は、以下の手順で動作する。

【0111】ステップ1：タスクが「イベント・キューにイベント・オブジェクトが到着するまで待つ」処理の実行開始をフレームワーク部に依頼したとき(手順P1)、電力マネージャに対して、このタスクがプロセッサ11の動作周波数に関してまったく要求を行っていないことを通知する(手順P2)。また、タイマが動作中だった場合には、それを停止させる。

【0112】ステップ2：イベント・キューにイベントが到着したとき(手順P3)、タスクがプロセッサ11の動作周波数に対して低レベルな要求を行っていることを通知して(手順P4)、タイマを始動させる(手順P5)。また、対応するアプリケーションにイベントの到着を通知する(手順P6)。タイマは、始動してから要求レベル変更時間が経過したときに、電力マネージャに対して、このタスクが高レベルな要求を行っていることを通知する(手順P7)。

【0113】また、図9には、図4に示したように、イベント到着以後1段階でプロセッサ11の動作周波数を回復させる場合のソフトウェア構成を模式的に示している。

【0114】図9に示すように、電力マネージャは、各タスク毎に以下の4種類の変数を用意する。これらの変数の意味は、以下に示す通りである。

【0115】(1) 要求値段階番号

現在、プロセッサ11の動作周波数が何段階目に達しているかを保持する変数である。例えば、図4に示す例では、「2. イベントの到着」直後から「3. 最初の要求値変更時間が経過」直前までは、この変数の値は1である。その後、要求値の変更が行われる度に、要求値段階

番号は1ずつ加算される。また、要求が発生していない(すなわち、タスクがイベント待ち状態にある)ときは、値0をとる。

【0116】(2) 要求値配列

要求値配列のn番目の要素には、変数「要求値段階番号」が値nをとるときの要求値が格納されている。

【0117】(3) 要求値変更時間配列

要求値変更時間配列のn番目の要素には、変数「要求値段階番号」が値nをとり、電力マネージャに対して要求「要求値配列[n]」が設定されている期間の長さが格納されている。この時間が経過したならば、次の段階の要求値が設定されることになる。但し、以下に述べる変数「段階数」を越えてnが増加することはない。

【0118】(4) 段階数

段階数を保持する変数である。

【0119】図9に示す例では、フレームワーク部は、以下の手順で動作する。

【0120】ステップ1：タスクが「イベント・キューにイベント・オブジェクトが到着するまで待つ」処理の実行開始をフレームワーク部に依頼したとき(手順P1)、電力マネージャに対して、このタスクがプロセッサ11の動作周波数に関してまったく要求を行っていないことを通知する(手順P2)。また、タイマが動作中だった場合には、それを停止させる。さらに、フレームワーク部の要求値段階番号に0を代入する。

【0121】ステップ2：イベント・キューにイベントが到着したとき(手順P3)、要求値段階番号に1を代入する(又は、1だけ増分する)。そして、第1段階(又は、次の段階)の要求値を電力マネージャに設定して(手順P14)、タイマを始動させる(手順P15)。また、対応するアプリケーションにイベントの到着を通知する(手順P16)。タイマは、要求値変更時間配列の先頭の要素が示す時間が経過したとき、電力マネージャに対して、このタスクが次の段階の要求を行っていることを通知する(手順P17)。これによって、要求値段階番号の更新と、この段階番号に対応する要求値の設定、及び、タイマの再設定が行われる。

【0122】5. 電力マネージャ

マルチタスク環境下でも本発明を好適に実現するため、電力マネージャは、複数のタスクの性能要求を統合し、プロセッサ11の適切な動作周波数、及び電源電圧を決定する必要がある。この項では、その決定処理を行う方法について説明する。

【0123】本実施形態では、プロセッサ11は、以下の3種類のタスクを扱うことができるものとする。

【0124】(1) リアルタイム・タスク

リアルタイム・タスクは、ある定められた周期で起動され、且つ、次の周期の開始までに実行を完了させる必要があるタスクのことである。但し、各リアルタイム・タスクの周期は区々である。

【0125】(2) 高応答性タスク

応答時間の対する要求が課された処理、あるいは、待ち状態を含んだり、実行開始時間や処理時間が予測できない処理を行うタスクである。高応答性タスクは、キーボードやマウスなどのユーザ入力操作をはじめとしたさまざまなイベントに応答して実行される。

【0126】(3) その他のタスク

【0127】本実施形態では、電力マネージャは、動作中のすべてのリアルタイム・タスクと、その他のタスクを考慮して、負荷の変化に応じて、プロセッサ11の適切な動作周波数を常に計算する。この処理自体は、例えば、本出願人に既に譲渡されている特願2000-287882号明細書に開示されている（起動された周期リアルタイム・タスク並びに非リアルタイム・タスクを遅滞なく処理するために必要なプロセッサの動作周波数を適応的に変化させるとともに、時々刻々と切り替わる動作周波数に応じて最適なプロセッサ用電源電圧を決定し＊

$$\max \left\{ f_{\max} \cdot \min \left\{ 1.0, \sum_{g \in G} r_g \right\}, f_{RT} \right\}$$

但し、

f_{\max} :最大動作周波数

G:高応答性タスク

r_g :高応答性タスクgの要求値

f_{RT} :リアルタイム・タスクとその他のタスクの負荷を基に決定された動作周波数

【0131】[追補] 以上、特定の実施例を参考しながら、本発明について詳解してきた。しかしながら、本発明の要旨を逸脱しない範囲で当業者が該実施例の修正や代用を成し得ることは自明である。すなわち、例示という形態で本発明を開示してきたのであり、限定的に解釈されるべきではない。本発明の要旨を判断するためには、冒頭に記載した特許請求の範囲の欄を参照すべきである。

【0132】

【発明の効果】以上詳記したように、本発明によれば、応答時間に対する要求が課されたタスクを含んだ1以上のタスクを実行するプロセッサに関する優れた電力削減技術を提供することができる。

【0133】また、本発明によれば、動作周波数と電源電圧を変化させる機構を備えたプロセッサに関する優れた電力削減技術を提供することができる。

【0134】また、本発明によれば、GUI (Graphical User Interface) 処理のように、あらかじめ実行開始時間や処理時間が予測することができないタスクを実行時の動作周波数と電源電圧を最適に設定することにより低消費電力化を実現することができる、プロセッサに関する優れた電力削減技術を提供することができる。

* ていくことで、プロセッサの消費電力を低減する）。そして、その計算結果が変数「リアルタイム・タスク、その他のタスクの要求値」に格納される。

【0128】リアルタイム・タスクは、その性質上、他のタスクよりも優先的に実行する必要がある。すなわち、実行可能なリアルタイム・タスクが存在するときには、必ずそれらが実行されることが保証されているものとする。

【0129】動作中の高応答性タスクの要求値は、フレームワーク部を経由して電力マネージャへと通知される（例えば、図8中の手順P2, P4, P7）。この通知が行われる度に（すなわち、高応答性タスクの要求が変化する度に）、電力マネージャは以下の値を計算して、これをプロセッサ11の動作周波数として設定する。

【0130】

【数1】

【0135】また、本発明によれば、ユーザが感じる反応時間を増大させることなく（すなわち、ユーザの使用感に悪影響を与えることなく）、GUIアプリケーションやネットワーク・アプリケーションなどの実行によってプロセッサが消費する電力を好適に削減することができる。また、プロセッサの消費電力が低減されることにより、その発熱量も抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施に供される演算処理システム10のハードウェア構成を模式的に示した図である。

【図2】GUIフレームワーク、並びにGUIアプリケーションの構成を模式的に示した図である。

【図3】GUI処理タスク実行中において、イベント発生時におけるプロセッサ11の動作周波数の制御タイミング例を示した図である。

【図4】GUI処理タスク実行中において、イベント発生時におけるプロセッサ11の動作周波数の制御タイミングの他の例を示した図である。

【図5】GUI処理タスク実行中において、イベント発生時におけるプロセッサ11の動作周波数の制御タイミングの他の例を示した図である。

【図6】ディスク装置から要求データが到着するまで待

ち状態に陥り、その後、転送データを基に画面表示を行う処理を繰り返すアプリケーションを実行する場合における、本発明の適用例を模式的に示した図である。

【図7】ネットワーク・コネクションを介してデータ入出力を行うアプリケーションに対する本発明の適用例を模式的に示した図である。

【図8】図3に示したように、イベント到着以後、1段階でプロセッサ11の動作周波数を回復させる場合の電力マネージャのソフトウェア構成を模式的に示した図である。

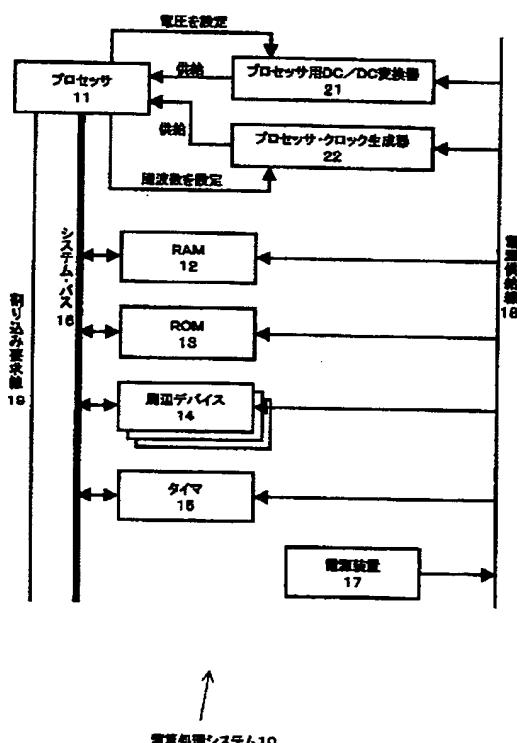
【図9】図4に示したように、イベント到着以後、多段階でプロセッサ11の動作周波数を回復させる場合の電力マネージャのソフトウェア構成を模式的に示した図である。

* 【符号の説明】

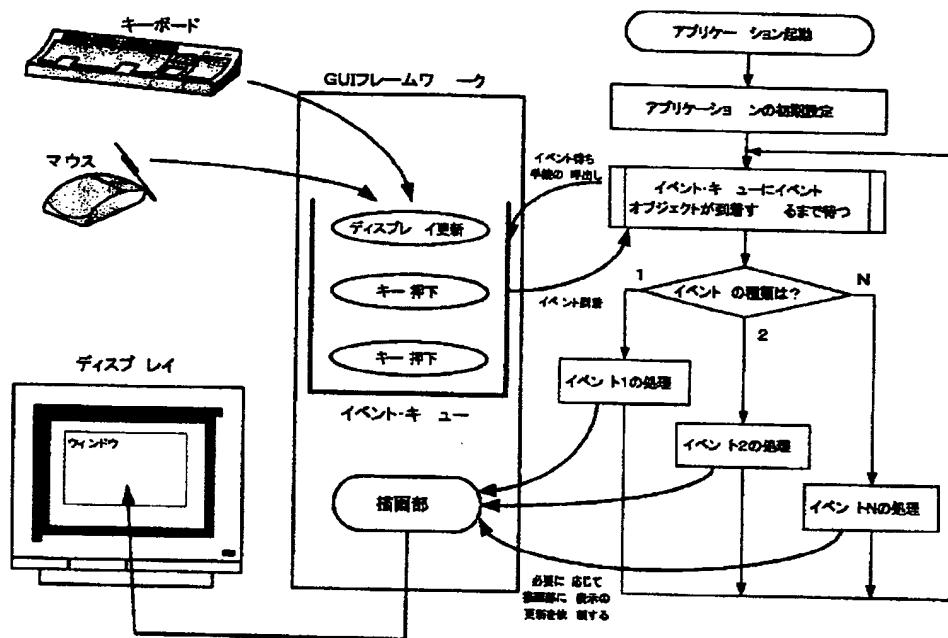
- 1 0 … 演算処理システム
- 1 1 … プロセッサ
- 1 2 … RAM
- 1 3 … ROM
- 1 4 … 周辺デバイス
- 1 5 … タイマ
- 1 6 … システム・バス
- 1 7 … 電源装置
- 1 8 … 電源供給線
- 1 9 … 割り込み要求線
- 2 1 … プロセッサ用DC／DC変換器
- 2 2 … プロセッサ・クロック生成器

3

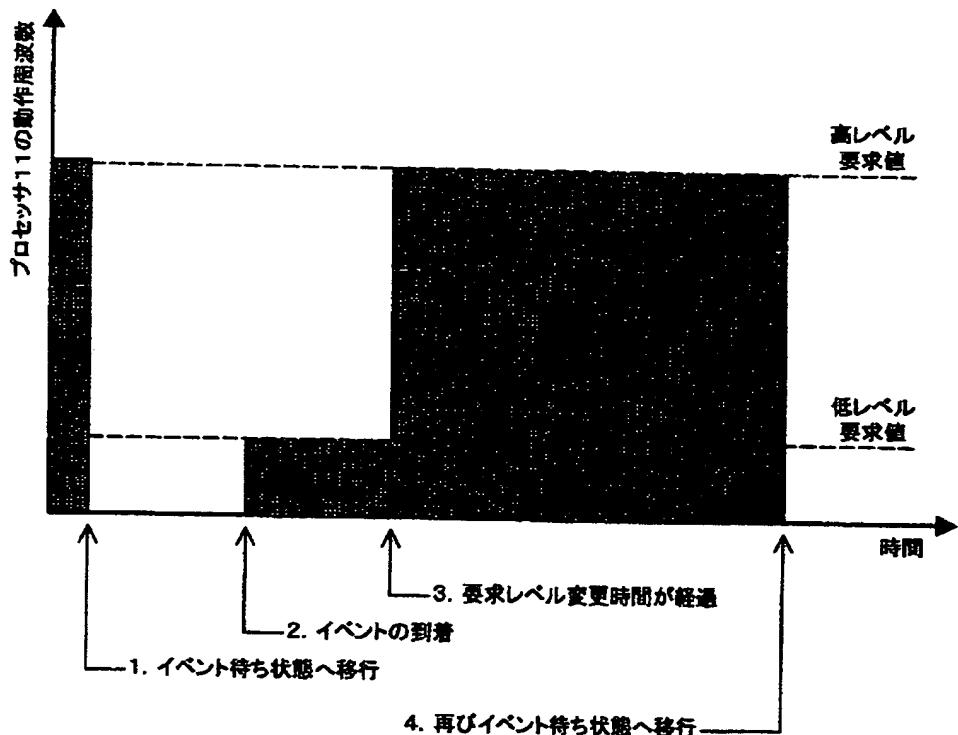
[圖 1]



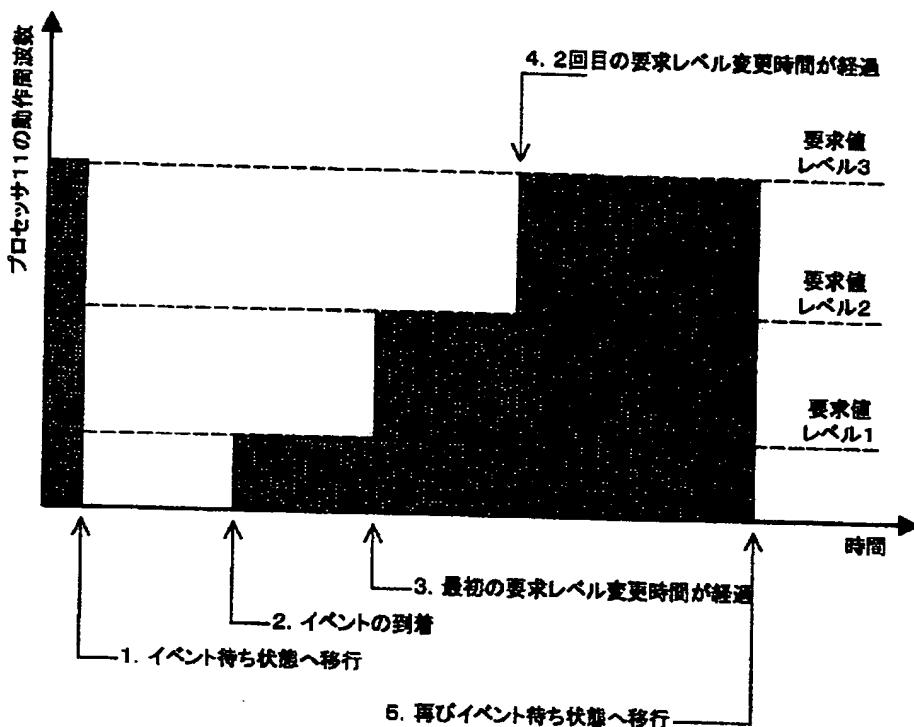
【図2】



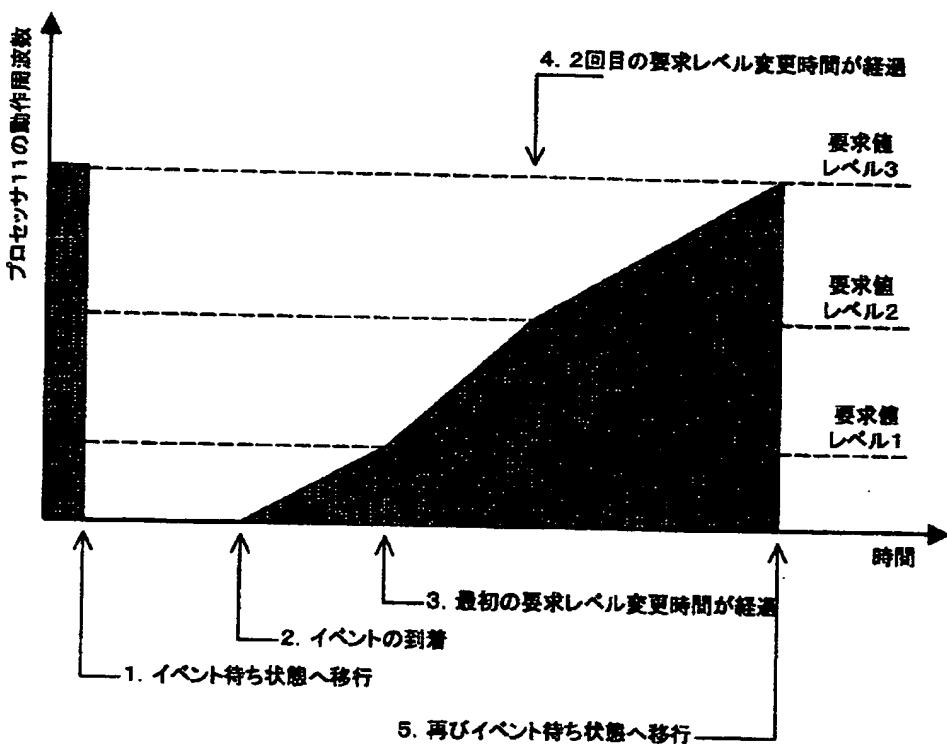
【図3】



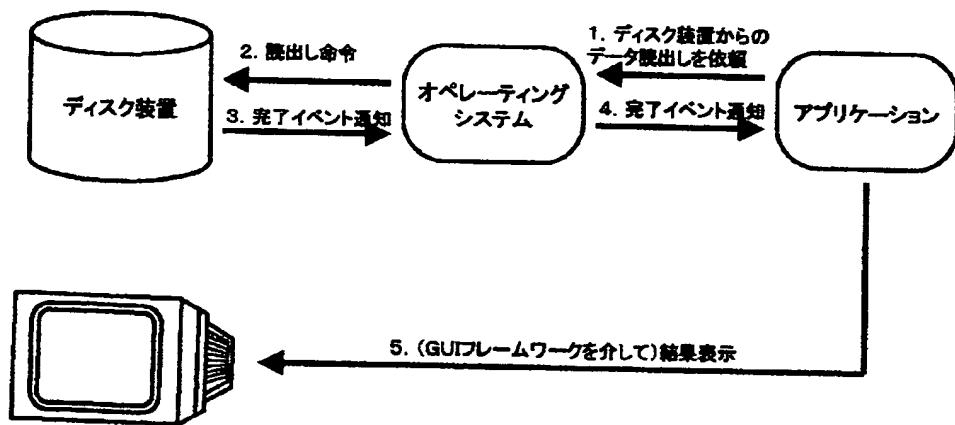
【図4】



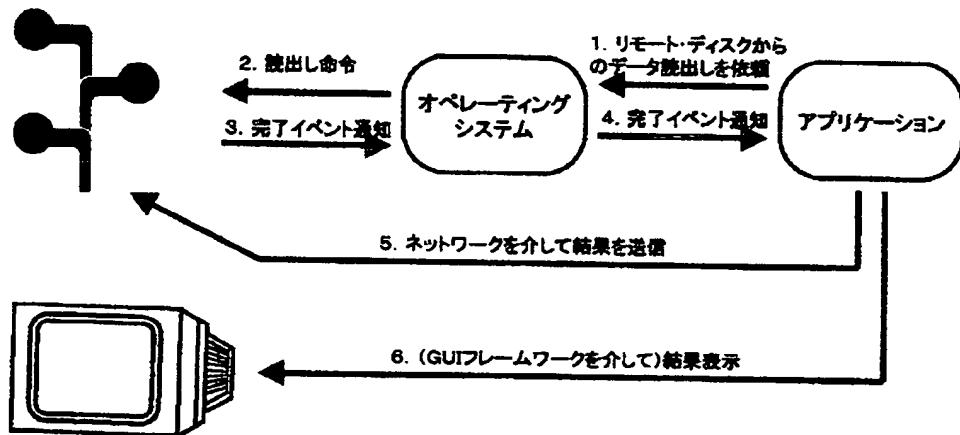
【図5】



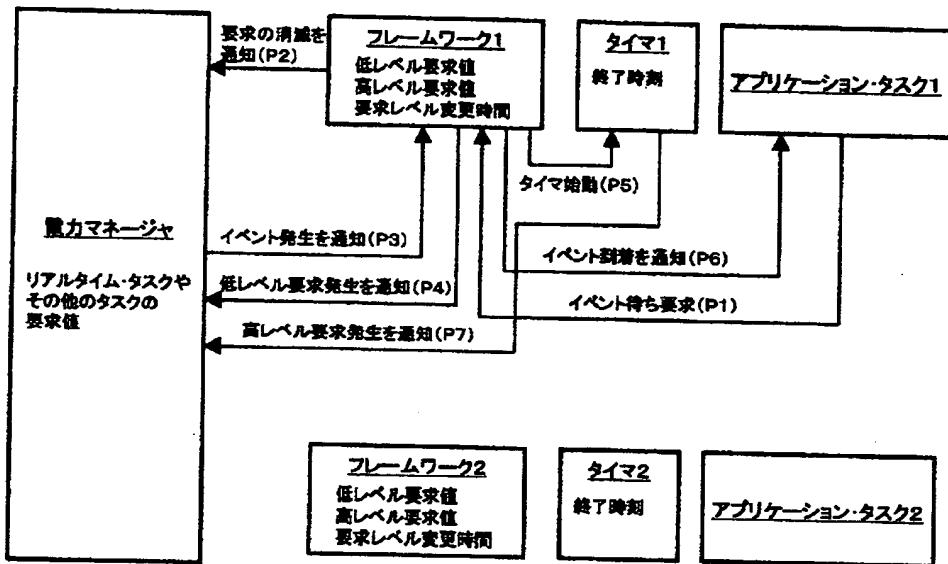
【図6】



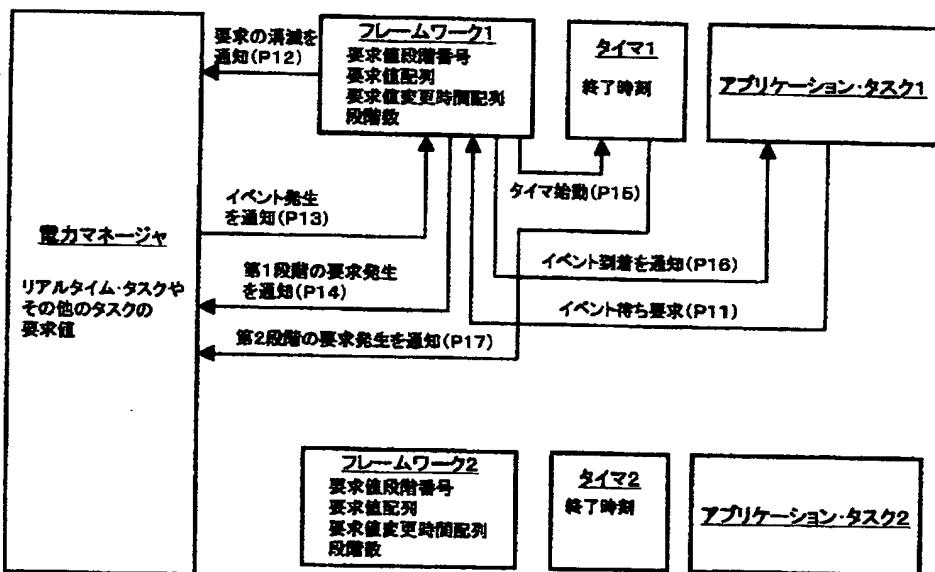
【図7】



【図8】



[図9]



フロントページの続き

F ターム(参考) 5B011 EA01 LL02 LL13
5B033 AA06 AA15 BC01
5B079 BA01 BC01
5B098 FF03 GA02 GA04